

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 35 123 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 199 35 123.6
㉑ Anmeldetag: 27. 7. 1999
㉒ Offenlegungstag: 9. 3. 2000

AF
P0345271
b54
⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 S 13/34
G 01 S 7/00

DE 199 35 123 A 1

③① Unionspriorität:
241652/1998 27. 08. 1998 JP
⑦① Anmelder:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP
⑦④ Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

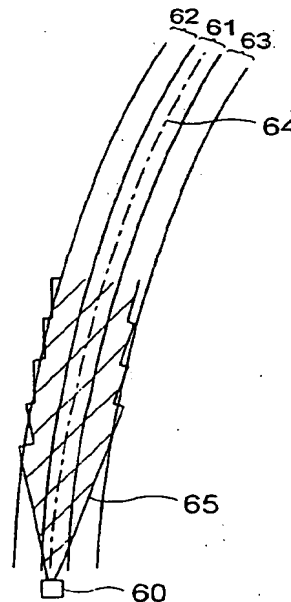
⑦② Erfinder:
Yamada, Yukinori, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung

⑤⑦ Es ist eine Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung beschrieben, die an einem Fahrzeug (60) angebracht ist und zur Erfassung eines Objektes in der Umgebung des Fahrzeugs durch Abtasten mittels durch digitale Signalverarbeitung synthetisierter Radarstrahlen eingerichtet ist. Die Radarvorrichtung weist einen Spurformbeschaffungsabschnitt zur Beschaffung der Form einer Spur (61) auf, auf der sich das Fahrzeug bewegt. Bei der Radarvorrichtung wird der Abtastungsbereich (65) der Radarstrahlen entsprechend der durch den Spurformbeschaffungsabschnitt beschafften bzw. erhaltenen Spurform beschränkt. Die Radarvorrichtung weist Vorteile hinsichtlich einer hohen Erfassungsrate und einer hohen Erfassungsgenauigkeit auf.



DE 199 35 123 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Radarvorrichtung, die an einem Fahrzeug angebracht ist und zur Erfassung eines Objekts wie eines vorherfahrenden Autos oder eines Hindernisses in der Umgebung des Fahrzeugs eingerichtet ist, und genauer eine Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung, die zur Erfassung des Objekts durch Abtastung mit mittels digitaler Signalverarbeitung synthetisierter (erzeugter, zusammengesetzter) Radarstrahlen eingerichtet ist.

Da eine die Radarstrahlen durch digitale Signalverarbeitung synthetisierende DBF-Radarvorrichtung (Radarvorrichtung mit digitaler Strahlformung, digital beam forming) keinen Abtastmechanismus benötigt, kann diese leicht in einem kompakten Aufbau mit geringem Gewicht ausgelegt werden und ist gegenüber einer Beeinträchtigung durch Vibration widerstandsfähig. Daher ist zu erwarten, daß diese als Radarvorrichtung für den Gebrauch in bzw. an einem Fahrzeug verwendet wird.

Bei der allgemein angewandten herkömmlichen DBF-Radarvorrichtung wurden der Abtastungsbereich und der wirksame Erfassungsabstand vorab eingestellt und überstrichen die Radarstrahlen den gesamten Erfassungsbereich, der durch den Abtastungsbereich und den wirksamen Erfassungsabstand bestimmt ist.

Dabei wurde die Radarabtastung durch die DBF-Radarvorrichtung tatsächlich derart erreicht, daß der Abtastungsbereich in eine Vielzahl von Richtungen unterteilt worden ist und ein Radarstrahl in jede der Teilrichtungen synthetisiert wurde. Daher wurde der Radarstrahl-Synthesevorgang so oft wie die Anzahl der Unterteilungen in einer Abtastung durchgeführt.

Dies stellte das Problem, daß bei Verbesserung der Abtastauflösung der Rechenaufwand für die Radarstrahlsynthese größer wurde, so daß die Berechnungszeit verlängert wurde und dieses zu einer Verzögerung bei der Beschaffung von Objekterfassungsinformationen führte.

Falls im Gegensatz dazu der Rechenaufwand durch Verringerung der Abtastungsauflösung der Radarstrahlen verringert würde, könnte die für eine Abtastung erforderliche Zeit verringert werden, jedoch würde die Zielerfassungsgenauigkeit verschlechtert werden.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung zu schaffen, mittels der die vorstehend beschriebenen Probleme gelöst werden.

Diese Aufgabe wird durch die Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung gemäß dem Patentanspruch 1 oder Patentanspruch 6 gelöst.

Insbesondere weist die erfindungsgemäße Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung eine Spurformbeschaffungseinrichtung zum Beschaffen der Form einer Spur (Fahrbahnspur), auf der ein Fahrzeug fährt, wobei der Abtastungsbereich der Radarstrahlen gemäß der durch die Spurformbeschaffungseinrichtung erfaßten Spurform beschränkt wird.

Ein durch die Fahrzeug-Radarvorrichtung zu erfassendes Ziel ist normalerweise ein Objekt auf einer Fahrbahn einschließlich einer Fahrspur, d. h. entweder ein vorausfahrendes Fahrzeug oder ein Hindernis. Das heißt, daß sich außerhalb der Fahrbahn befindendes ein Objekt normalerweise als ein nicht zu erfassendes Objekt betrachtet werden kann.

Erfindungsgemäß können, da der Abtastungsbereich auf die Spurform beschränkt ist, die Bereiche außerhalb der Fahrbahn als nicht abzutastende Bereiche gesetzt werden, während die Fahrbahn in dem Abtastungsbereich beibehalten wird. In diesem Fall kann die für die Radarstrahlabtastung erforderliche Verarbeitungszeit ohne Verschlechterung der Abtastauflösung verringert werden, da der Abtastungsbereich enger wird.

Vorzugsweise wird der Abtastungsbereich entsprechend dem Zielabstand für die Objekterfassung variabel eingestellt. Dabei sei angenommen, daß die Breite der Fahrbahn konstant ist und die Öffnungswinkel entsprechend der Breite der Fahrbahn mit ansteigendem Abstand enger werden. Daher kann die Form des Erfassungsbereichs durch die Form der Fahrbahn durch Verengung des Abtastungsbereichs mit ansteigendem Abstand angenähert werden.

In diesem Fall variiert die Mitte des Abtastungsbereichs vorzugsweise entsprechend der Form der Fahrbahn, d. h., variiert entlang der erfaßten Spurform.

Dies ermöglicht, daß der Erfassungsbereich auf einen notwendigen und ausreichenden Bereich eingengt wird, wodurch die Verarbeitungszeit weiter verringert werden kann.

Eine Spurformerkennungseinrichtung ist eine Spurkrümmungserfassungseinrichtung zur Erfassung des Krümmungsgrades der Spur. Die Spurkrümmung kann anhand der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Giertrate berechnet werden. Eine Fahrzeuggeschwindigkeitserfassungseinrichtung und eine Gierratenerfassungseinrichtung ist oft an Fahrzeugen aus anderen Gründen angebracht, weshalb ein besonderer Sensor nicht vorgesehen werden muß, wenn das Untersuchungsergebnis dieser Einrichtungen zum Erhalt der Spurkrümmung verwendet wird.

Die Erfindung ist nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung des Aufbaus einer Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 eine Darstellung zur Beschreibung des Prinzips der DBF-Synthese,

Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Darstellung des Betriebs gemäß diesem Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 eine Darstellung zur Beschreibung der Bedeutung einer Gleichung zur Berechnung eines Mittenwinkels LC einer gegenwärtigen Spur,

Fig. 5A einen Graphen zur Darstellung eines Erfassungsbereichs,

Fig. 5B einen Graphen zur Darstellung eines anderen Erfassungsbereichs,

Fig. 6 eine Darstellung eines räumlichen Bildes des Erfassungsbereichs,

Fig. 7A eine Darstellung zur Beschreibung einer Gruppierung von Pegelspitzen, und

Fig. 7B eine Darstellung zur Beschreibung der Gruppierung von Pegelspitzen.

Fig. 1 zeigt den Aufbau einer Fahrzeug-Radarvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Bei dieser Radarvorrichtung handelt es sich ebenfalls um eine FM-CW-Radarvorrichtung, die ein aus einer Frequenzmodulation (FM) einer Dauer-Welle (CW, Continuous Wave) resultierendes Sendesignal verwendet.

Eine Empfangs-Gruppenantenne 1 weist acht Antennenelemente entsprechend jeweiligen Kanälen auf. Die Antennenelemente sind über einzelne Isolatoren, die eine Isolatorengruppe 12 bilden, jeweils mit entsprechenden Mischern 11-0 bis 11-7 verbunden.

Die Mischer 11-0 bis 11-7 sind derart eingerichtet, daß sie jeweils das an jedem Antennenelement ankommende Empfangssignal mit einem Teil des Sendesignals zum Erhalt eines Schwebungssignals mischen. Sendesignalkomponenten werden den Mischern 11-0 bis 11-7 als lokale Signale aus einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) 14 über eine Verzweigungsschaltung 15 und eine Isolatorgruppe 13 zugeführt.

Bei dem Oszillator 14 handelt es sich um einen Varaktorsteuerungs-Gunn-Oszillator mit einer Mittenfrequenz von

f_0 (beispielsweise 60 GHz), der auf der Grundlage einer Steuerungsspannung aus einer Modulations-Gleichspannungsversorgung 22 ein moduliertes Signal in dem Bereich von $f_0 \pm (1/2)\Delta F$ ausgibt. Die FM-Modulation ist dabei eine Dreiecksmodulation, bei der Frequenzanstiegsintervalle (Aufwärtsintervalle) und Frequenzabstiegsintervalle (Abwärtsintervalle) abwechselnd kontinuierlich vorliegen. Bei der Dreiecksmodulation steigen die Frequenzen linear von $f_0 - (1/2)\Delta F$ bis $f_0 + (1/2)\Delta F$ in den Aufwärtsintervallen an, während sich die Frequenzen in den Abwärtsintervallen innerhalb derselben Zeitdauer wie in den Aufwärtsintervallen linear von $f_0 + (1/2)\Delta F$ bis $f_0 - (1/2)\Delta F$ verringern.

Dieser dreiecksmodierte Signalverlauf wird über die Verzweigungsschaltung 15 einer Sendeantenne 21 zugeführt, damit dieses als Sendesignal ausgestrahlt wird, und wird ebenfalls wie vorstehend beschrieben in acht Kanäle als lokale Signale verzweigt, damit diese jeweils mit den Empfangssignalen in den acht Kanälen in den jeweiligen Mischern 11-0 bis 11-7 zur Erzeugung von Schwebungssignalen der jeweiligen Kanäle gemischt werden. Die Gleichspannungsversorgung 22 ändert deren Ausgangsspannungswerte in einem Dreiecksmuster auf einer periodischen Grundlage unter der Steuerung einer Modulationssignalleitung 23.

Am Ausgang der aus der Mischergruppe 11, den Isolatorgruppen 12 und 13, dem Oszillator 14 sowie der Verzweigungsschaltung 15 bestehenden Hochfrequenzschaltung 10 sind ein störungsarmer Verstärker 24, ein schneller A/D-Wandler 25, eine Signalverarbeitungseinheit (Signalprozessor) 26 und eine komplexe FFT-Operationseinheit 27 vorgesehen.

Der störungsarme Verstärker 24 verstärkt die aus den Mischern 11-0 bis 11-7 ausgegebenen Schwebungssignale der acht Kanäle parallel. Der Verstärker 24 weist einen Tiefpaßfilter mit einer Antialias-Abschneidefrequenz von 77 kHz auf.

Der schnelle A/D-Wandler 25 ist eine Schaltung zur Durchführung einer parallelen und gleichzeitigen Analog-Digital-Wandlung (A/D-Wandlung) der Schwebungssignale der acht Kanäle, wobei die Signale bei 200 kHz abgetastet werden. Bei dieser Abtastfrequenz führt der Wandler 25 eine Abtastung an 128 Punkten jeweils in dem Frequenzanstiegsintervall (Aufwärtsintervall) und dem Frequenzabstiegsintervall (Abwärtsintervall) der frequenzmodulierten Dreieckswelle durch.

Die Signalverarbeitungseinheit 26 erhält digitale Schwebungssignale der jeweiligen Kanäle aus dem schnellen A/D-Wandler 25 und führt verschiedene Signalverarbeitungsvorgänge einschließlich des DBF-Synthesevorgangs zur Ausführung eines Erkennungsvorgangs eines Zieles (Objekts) aus.

Die DBF-Synthese ist ein Synthesevorgang zum Synthetisieren von Signalen in jeweiligen Kanälen zum Erhalt eines Radarstrahls, der einen Hauptstrahl in einer gewünschten Richtung aufweist, durch digitale Signalverarbeitung. Die DBF-Synthesetechnologie ist eine bekannte Technologie und deren Konzept ist nachstehend kurz unter Bezug auf Fig. 2 beschrieben.

Wenn eine aus einer Richtung des Winkels θ bezüglich einer Mittenrichtung X des Radars kommende Funkwelle durch eine aus n Antennenelementen 1-1 bis 1-n mit einem Abstand d bestehende Gruppenantenne empfangen wird, und wenn die Referenz eine Ausbreitungspfadlänge der Funkwelle bis zu dem Antennenelement 1-1 ist, ist jeweils die Ausbreitungspfadlänge zu den Antennenelementen 1-2, ..., oder dem Antennenelement 1-n $d \sin \theta$, ..., oder $(n-1)d \sin \theta$ länger als die Referenz, wie in Fig. 2 dargestellt. Daher eilen die Phasen der an den Antennenelementen 1-2,

..., 1-n hinter der Phase der an dem Antennenelement 1-1 ankommenden Funkwelle um die jeweiligen Längen nach.

Diese Verzögerungswerte sind jeweils $(2\pi d \sin \theta)/\lambda$, ..., $(2(n-1)\pi d \sin \theta)/\lambda$. Dabei ist λ die Wellenlänge der Funkwelle. Empfangene Signale werden um diese Verzögerungsphasenwerte durch eine arithmetische Operation der Signalverarbeitungseinheit 26 vorgeschoben, wodurch ein derartiger Zustand erreicht wird, daß die Funkwelle aus der Richtung θ an allen Antennenelementen mit derselben Phase empfangen wird. Der Radarstrahl mit dem Hauptstrahl in der Richtung θ kann durch Summierung der Signale aller Kanäle erzeugt werden. Die Signalverarbeitungseinheit 26 ist derart eingerichtet, daß sie θ mit Intervallen von $0,5^\circ$ von -10° bis $+10^\circ$ ändern kann. Zur Verschiebung dieses Winkels θ , d. h., der Richtung des Radarstrahls aufeinanderfolgend, dient die Strahlabtastung.

Die komplexe FFT-Operationseinheit 27 ist eine Operationseinheit zur Ausführung einer komplexen FFT-Operation anstelle einer Reihe von Operationen in der Signalverarbeitungseinheit 26. Die komplexe FFT-Operationseinheit 27 empfängt die digitalen Schwebungssignale der jeweiligen Kanäle aus der Signalverarbeitungseinheit 26, führt daran die komplexe FFT-Operation aus und sendet das Ergebnis zurück zu der Signalverarbeitungseinheit 26.

Eine Spurkrümmungserfassungseinrichtung 28 ist eine Einrichtung zur Berechnung eines Radius R1 der Krümmung einer Spur, auf der sich das Fahrzeug mit dieser Radarvorrichtung bewegt. Der Spurkrümmungsradius R1 kann entsprechend der nachfolgenden Gleichung berechnet werden.

$$R1 = v/\gamma \quad (1)$$

In dieser Gleichung ist v die Fahrzeuggeschwindigkeit und γ die Gierrate. Da die Gierrate γ gleich einer Winkelgeschwindigkeit ω des Fahrzeugs ist, die sich um die Mitte der Krümmung der gegenwärtigen Fahrspur dreht, kann der Krümmungsradius R1 der Spur durch Teilen der Fahrzeuggeschwindigkeit durch die Gierrate γ erhalten werden. Die Fahrzeuggeschwindigkeit v und die Gierrate γ können jeweils aus einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 29 und einem Gierratesensor 30 erhalten werden. Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 29 und der Gierratesensor 30 können diejenigen sein, die ebenfalls für eine Fahrzeugverhaltenssteuerung oder dergleichen verwendet werden.

Der durch die Spurkrümmungserfassungseinrichtung 28 erhaltene Krümmungsradius R1 der Fahrspur wird zu der Signalverarbeitungseinheit 26 zur Verwendung zur Einstellung des Abtastungsbereichs gesendet.

Die Signalverarbeitungseinheit 26 kann den Radarstrahl in eine von 41 Richtungen mit Intervallen von $0,5^\circ$ von -10° bis $+10^\circ$ durch den DBF-Synthesevorgang wie vorstehend beschrieben formen. Das bedeutet, daß ungeachtet des Abstands der maximale Abtastungsbereich von -10° bis $+10^\circ$ geht. Jedoch ist diese Radarvorrichtung zur Begrenzung des Abtastungsbereichs entsprechend dem Krümmungsradius R1 und dem Abstand eingerichtet, wobei der Rechenaufwand drastisch verringert wird. Ein besonderes Beispiel ist nachstehend im Hinblick auf die Begrenzung des Abtastungsbereichs beschrieben.

Die Verarbeitungen des Betriebs dieser Vorrichtung sind unter Bezug auf das in Fig. 3 dargestellte Flußdiagramm beschrieben.

Schritt S1 dient zum Erlangen der digitalen Schwebungssignale der jeweiligen Kanäle. Da die digitalen Schwebungssignale der jeweiligen Kanäle durch Abtasten an 128 Punkten jeweils des Aufwärtsintervalls und des Abwärtsintervalls in jedem Kanal erhalten werden, sind es insgesamt

Daten an 128 (Punkte) \times 2 (Intervallen) \times 8 (Kanälen) = 2048 Punkte. Daraufhin wird auf der Grundlage dieser Daten kanalweise die FFT (Schnelle Fourier-Transformation) ausgeführt, wodurch Schwebungsfrequenzinformationen erhalten werden. Die dabei erhaltenen Schwebungsfrequenzinformationen werden alle in einem Speicherabschnitt der Signalverarbeitungseinheit 26 gespeichert. Diese Schwebungsfrequenzinformationen der jeweiligen Kanäle weisen für den späteren DBF-Synthesevorgang erforderliche Phaseninformationen auf.

Danach geht die Verarbeitungseinheit zu Schritt S2 zur Berechnung des Krümmungsradius R1 der gegenwärtigen Fahrspur über. Der Krümmungsradius R1 wird entsprechend Gleichung (1) wie vorstehend beschrieben berechnet. Das heißt, daß dieser durch Teilen der Fahrzeuggeschwindigkeit v durch die Gierrate γ erhalten wird.

In Schritt S3 werden entsprechend der nachfolgenden Gleichung (2) Winkel berechnet, die Mittelpositionen entsprechend Abständen auf der sich nach vorne erstreckenden gegenwärtigen Spur, d. h. Winkel LC der Spurmitte bei jeweiligen Abständen L angeben.

$$LC = \sin^{-1}(L/(2 \times R1)) \quad (2)$$

Fig. 4 zeigt eine Darstellung zur Beschreibung der Gleichung (2). Es sei angenommen, daß die sich vor einem Fahrzeug 40 erstreckende Spurmitte 41 einen Bogen beschreibt, der den Krümmungsradius R1 mit der Mitte bei 0 aufweist. Ein Winkel LC der Spurmitte bei einem Abstand L ist ein Winkel zwischen einer Richtung zu einem Punkt 43, der auf der Spurmitte 41 angeordnet ist, und der Abstand L von dem Fahrzeug 40 und einer Fahrtrichtung, d. h., einer Tangentialrichtung 42 zu der Spurmitte 41. Dabei sei A die Position des Fahrzeugs 40 und B ein Schnittpunkt zwischen einer Sehne 45 und einer Normalen zu der Sehne 45 von dem Krümmungszentrum 0. Dann ist der Winkel LC der Mitte der gegenwärtigen Spur gleich einem Winkel AOB, d. h., einem Winkel α . Daher gilt die folgende Beziehung.

$$\begin{aligned} \sin LC &= \sin \alpha \\ &= \text{Segment AB} / \text{Segment AO} \\ &= (L/2) / R1 \end{aligned}$$

Dies bestätigt die Beziehung gemäß der vorstehend Gleichung (2).

Dieses Ausführungsbeispiel ist derart eingerichtet, daß die Winkel LC der Mitte der gegenwärtigen Spur bei Abständen in 10-m-Intervallen von 30 m bis 90 m und dem Winkel LC der Mitte der gegenwärtigen Spur bei einem Abstand von 150 m auf der Grundlage der Gleichung (2) berechnet werden.

Die Verarbeitungseinheit schreitet dann zu Schritt S4 zur Bestimmung des Abtastungsbereichs für die DBF-Synthese als Erfassungsbereich voran. Der Abtastungsbereich variiert entsprechend dem Abstand. Der Abtastungsbereich wird mit ansteigendem Abstand verengt. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel sollen Objekte auf drei Spuren einschließlich der gegenwärtigen Spur und der zwei benachbarten Spuren ertastet werden. Dies geschieht, da unter der Bedingung, daß die Spurbreite konstant ist, die durch die zu erfassende Spurbreite erzeugten Winkelbereiche mit ansteigendem Abstand kleiner werden.

Die Mitte des Abtastungsbereichs wird entsprechend der Spurform bestimmt, wobei die in Schritt S3 erhaltenen Winkel LC der Mitte der gegenwärtigen Spur bei jeweiligen Abständen als Mittenabtastwinkel bei den jeweiligen Abständen eingestellt werden.

Fig. 5A und 5B zeigen Graphen zur Darstellung von Erfassungsbereichen, in denen Abtastwinkel entlang der Abszisse aufgetragen sind, wohingegen Abstände entlang der Ordinate aufgetragen sind. Fig. 5A zeigt eine Situation, in der die Mitte der gegenwärtigen Spur eine gerade Linie ist, und Fig. 5B zeigt eine Situation, in der die Mitte der gegenwärtigen Spur einen Bogen mit einem Krümmungsradius von 300 m beschreibt.

Gemäß Fig. 5A ist der Abtastungsbereich bis zu 30 m voraus der maximale Abtastungsbereich, in dem der Abtastungsbereich 20° von -10° bis +10° beträgt. Der Abtastungsbereich von dem Abstand 30 m bis zu dem Abstand 40 m beträgt 14° von -7° bis +7°. Der Abtastungsbereich von einem Abstand 40 m bis zu dem Abstand 50 m beträgt 12° von -6° bis +6°. Auf diese Weise wird der Abtastungsbereich auf jeder Seite in gleicher Weise von 0° mit steigendem Abstand allmählich enger, wobei der Abtastungsbereich von dem Abstand 90 m bis zu dem entferntesten Bereich 6° von -3° bis +3° beträgt.

Wenn die Mitte der gegenwärtigen Spur einen Bogen beschreibt, wird die Abtastungsmitte derart verschoben, daß sie mit den Winkeln LC der Mitte der gegenwärtigen Spur übereinstimmt, wohingegen die Abtastungsbereiche für die jeweiligen Abstandsgebiete gemäß Fig. 5A beibehalten werden, wie in Fig. 5B dargestellt ist. Falls jedoch ein verschobener Abtastungsbereich sich außerhalb des maximalen Abtastungsbereichs (von -10° bis +10°) befindet, wird ein außerhalb liegender Bereich von diesem Abtastungsbereich ausgeschlossen.

Fig. 6 zeigt eine Darstellung eines räumlichen Bildes eines Teils des in Fig. 5B dargestellten Abtastungsbereichs. Von der Spur 61, auf der sich das Fahrzeug 60 bewegt, und von den beiden benachbarten Spuren 62 und 63 wird ein Bogen beschrieben. In dieser Darstellung ist der schraffierte Bereich 65 ein Teil des Erfassungsbereichs und es ist zu erkennen, daß der Abtastungsbereich schrittweise auf jeder Seite der Mitte 64 der gegenwärtigen Spur mit ansteigendem Abstand enger wird.

Der Abtastungsbereich gemäß dem Abstand kann auf geometrischer Basis erhalten werden. Beispielsweise ist das gegenwärtige Ausführungsbeispiel derart eingerichtet, daß es sich bei dem Zielbereich für die Zielerfassung um die drei Spuren einschließlich der gegenwärtigen Spur und zwei benachbarten Spuren handelt, und daß der Winkelbereich entsprechend dem Dreifachen einer normalen Spurbreite vorab gemäß dem Abstand eingestellt sind.

Danach dient Schritt S5 zur Ausführung der DBF-Synthese in jedem Aufwärtsintervall und Abwärtsintervall in dem Erfassungsbereich, der in Schritt S4 bestimmt worden ist.

Die FM-CW-Radarvorrichtung ist zur Erfassung des Abstands und der relativen Geschwindigkeit des Ziels anhand der Schwebungsfrequenzen als Ergebnis eines Mischens zwischen dem Empfangssignal und dem Sendesignal eingerichtet. Unter der Annahme, daß das Ziel ein vorausfahrendes Fahrzeug ist, wird die relative Geschwindigkeit nahe bei 0 oder nicht sehr groß sein. Es kann somit angenommen werden, daß unter der Annahme, daß das vorausfahrende Fahrzeug ein Ziel ist, die Schwebungsfrequenzen annähernd proportional zu dem Abstand zu dem Ziel sind. Dies bedeutet, daß die entlang der Ordinaten des Erfassungsbereichs gemäß Fig. 5A oder 5B aufgetragenen Abstände annähernd durch Schwebungsfrequenzen ersetzt werden können. Die DBF-Synthese wird in diesem Erfassungsbereich ausgeführt.

Beispielsweise wird gemäß Fig. 5A, wenn der Radarstrahl mit dem Hauptstrahl in Richtung von -5.5° synthetisiert wird, dieser unter Verwendung digitaler Schwebungsfrequenzen der jeweiligen Kanäle synthetisiert, die kleiner

als die Frequenz entsprechend dem Abstand von 50 m sind.

Nach Abschluß der DBF-Synthese extrahiert die Verarbeitungseinheit Spitzen der Schwebungssignalintensitäten (die nachstehend einfach als Pegelspitzen bezeichnet werden) mit Schwebungsfrequenzen als Variablen in jeder Richtung. Ein mögliches Verfahren zum Extrahieren der Pegelspitzen ist ein Weg zum Extrahieren von Pegelspitzen, von denen jede eine Spitze auf einem Pegelwert angibt, der nicht geringer als ein vorbestimmter Wert ist.

Nach Abschluß des Extrahierens der Pegelspitzen schreitet die Verarbeitungseinheit zu Schritt S6 zur Ausführung eines Gruppierens der Pegelspitzen jeweils in dem Aufwärtsintervall und dem Abwärtsintervall voran. Das heißt, daß die Verarbeitungseinheit Pegelspitzen von angenähert gleichen Schwebungsfrequenzen, die in einer Abtastrichtung benachbart sind, zur Erzeugung einer Pegelspitzengruppe gruppiert.

Fig. 7A und 7B zeigen Graphen zur Darstellung der Einzelheiten des Gruppierungsvorgangs, wobei Fig. 7A die Gruppierung in dem Aufwärtsintervall und Fig. 7B die Gruppierung in dem Abwärtsintervall darstellen. In Fig. 7A und 7B sind die Abtastwinkel entlang der Abszisse aufgetragen, wohingegen die Schwebungsfrequenzen entlang der Ordinate aufgetragen sind. Jede Pegelspitze ist durch einen Punkt angegeben, wobei die Größe jedes Punktes die Höhe einer Pegelspitze angibt. Je höher die Pegelspitze ist, desto größer ist der Punkt.

Es sei angenommen, daß die Verarbeitung des Aufwärtsintervalls gegenwärtig ausgeführt wird. Gemäß Fig. 7A sind eine Vielzahl von Pegelspitzen bei einer Schwebungsfrequenz f_1 kontinuierlich in einem Abtastungsbereich um den Abtastwinkel θ_1 vorhanden. In Schritt S6 werden diese Pegelspitzen in eine Pegelspitzengruppe 31 gruppiert. Gleichermaßen sind mehrere Pegelspitzen jeweils bei den Schwebungsfrequenzen f_2 , f_3 oder f_4 in dem Abtastungsbereich um die Abtastwinkel θ_1 , θ_2 oder θ_3 jeweils vorhanden, weshalb diese jeweils in eine Pegelspitzengruppe 32, 33 oder 34 gruppiert werden.

Fig. 7B zeigt das Ergebnis der Anwendung der gleichen Gruppierung auf die Pegelspitzen in dem Abwärtsintervall, in dem Pegelspitzengruppen 35, 36 und 37 jeweils bei Schwebungsfrequenzen f_5 , f_6 und f_7 erzeugt werden.

Die Schritte S5 und S6 werden jeweils für das Aufwärtsintervall und das Abwärtsintervall ausgeführt, wobei nach Abschluß davon für beide Intervalle die Verarbeitungseinheit zu Schritt S8 voranschreitet.

Schritt S8 dient zur Ausführung einer Paarbildung zwischen den Pegelspitzengruppen des Aufwärtsintervalls und den Pegelspitzengruppen des Abwärtsintervalls. Diese Paarbildung dient zur Zuordnung von zwei Pegelspitzengruppen, von denen angenommen wird, daß sie auf einem einzelnen Ziel beruhen. Ein Weg der Paarbildung ist nachstehend unter Bezug auf Fig. 7A und 7B beschrieben.

Ein typischer Abtastwinkel jeder Pegelspitzengruppe stellt eine Mittenrichtung eines Ziels dar. Eine entsprechende Paarbildung von auf ein Ziel beruhenden Pegelspitzengruppen kann durch Koppeln von zwei Pegelspitzengruppen mit einem gleichen typischen Abtastwinkel miteinander ausgeführt werden.

Gemäß Fig. 7A und 7B weisen die Pegelspitzengruppen 31 und 32 des Aufwärtsintervalls beide den typischen Abtastwinkel θ_1 auf und können mit der Pegelspitzengruppe 35 mit dem typischen Abtastwinkel θ_1 in dem Abwärtsintervall zugeordnet werden. Für den typischen Abtastwinkel θ_2 wird eine Paarbildung der Pegelspitzengruppe 33 des Aufwärtsintervalls mit der Pegelspitzengruppe 37 des Abwärtsintervalls durchgeführt. Für den typischen Abtastwinkel θ_3 wird eine Paarbildung der Pegelspitzengruppe 34 des Aufwärts-

intervalls mit der Pegelspitzengruppe 36 des Abwärtsintervalls durchgeführt.

Da für den typischen Abtastwinkel θ_1 die zwei Pegelspitzengruppen 31 und 32 in dem Aufwärtsintervall vorhanden sind, ist es nicht notwendig, eine davon als Paarbildungsgegenstück der Pegelspitzengruppe 35 Abwärtsintervalls anzuwenden und die andere zu beseitigen. Ein Auswahlfaktor in diesem Fall kann entweder ein Vergleich zwischen den Maxima der Pegelspitzengruppe oder ein Vergleich zwischen deren Pegelspitzenverteilungsbreiten sein. Eine Paarbildung wird zwischen Pegelspitzengruppen durchgeführt, bei denen die Spitzenpegelmaxima näher aneinander liegen, oder zwischen Pegelspitzengruppen mit näher aneinanderliegenden Pegelspitzenverteilungsbreiten. Der Grund dafür ist, daß die Pegelspitzenmaxima oder die Pegelspitzenverteilungsbreiten annähernd gleich sein sollten, wenn die Pegelspitzengruppen auf die reflektierten Signalverläufe (Wellen) von einem Ziel beruhen.

Je nach Standpunkt ist das Paarbildungsgegenstück der Pegelspitzengruppe 35 die Pegelspitzengruppe 31 und wird die Pegelspitzengruppe 32 als Störung behandelt. In diesem Falle werden die Daten der Pegelspitzengruppe 32 ignoriert. Jedoch kann dieser Vorgang zumindest einen Paarbildungsfehler zwischen der Pegelspitzengruppe 35 und der Pegelspitzengruppe 32 verhindern.

Eine Eins-Zu-Eins-Entsprechung wird eindeutig für die typischen Abtastwinkel θ_2 und θ_3 definiert. Dabei sei bemerkt, daß aufgrund der Ausführung der Paarbildung unter Verwendung des typischen Abtastwinkels eine korrekte Paarbildung erreicht wird, selbst falls die Schwebungsfrequenzgrößenbeziehung zwischen dem Aufwärtsintervall und dem Abwärtsintervall entgegengesetzt ist.

Falls die Paarbildung zwischen den einzelnen Pegelspitzen entsprechend gleichen Abtastwinkeln ohne Gruppierung ausgeführt werden würde, könnten eine Paarbildung der Pegelspitzen, die die Pegelspitzengruppe 33 bilden, mit den Pegelspitzen, die die Pegelspitzengruppe 36 bilden, mit extrem hoher Wahrscheinlichkeit durchgeführt werden. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel kann jedoch ein derartiger Paarbildungsfehler verhindert werden.

Nach Abschluß der Paarbildung in Schritt S8 auf diese Weise schreitet die Verarbeitungseinheit zu Schritt S9 voran, damit der Abstand und die Geschwindigkeit jedes Ziels unter Verwendung der Schwebungsfrequenzen der auf diese Weise gepaarten Pegelspitzengruppen berechnet werden. Diese arithmetische Operation ist eine, die auf dem grundsätzlichen Prinzip der FM-CW-Radarvorrichtung beruht. Nachstehend ist als Referenz das Erfassungsprinzip der FM-CW-Radarvorrichtung kurz beschrieben.

Dabei sei f_0 die Mittenfrequenz des Sendesignals, Δf die Frequenzmodulationsbreite, f_m die FM-Modulationsfrequenz, f_r eine Schwebungsfrequenz, wenn die relative Geschwindigkeit des Ziels null ist (die Schwebungsfrequenz in einem engen Sinn), f_d eine auf der relativen Geschwindigkeit beruhende Dopplerfrequenz, f_{b1} eine Schwebungsfrequenz in dem Aufwärtsintervall und f_{b2} eine Schwebungsfrequenz in dem Abwärtsintervall. Dann gelten die folgenden Gleichungen.

$$f_{b1} = f_r - f_d \quad (3)$$

$$f_{b2} = f_r + f_d \quad (4)$$

Wenn die Schwebungsfrequenzen f_{b1} und f_{b2} in dem Aufwärtsintervall und dem Abwärtsintervall des Modulationszyklus getrennt gemessen werden, können f_r und f_d anhand der folgenden Gleichungen (5) und (6) dementsprechend berechnet werden.

$$f_r = (f_{b1} + f_{b2})/2 \quad (5)$$

$$f_d = (f_{b2} - f_{b1})/2 \quad (6)$$

Nach Berechnung von f_r und f_d können der Bereich R und die Geschwindigkeit V des Ziels gemäß den folgenden Gleichungen (7) und (8) berechnet werden.

$$R = (C/(4 \cdot \Delta F \cdot f \cdot m)) \cdot f_r \quad (7)$$

$$V = (C/(2 \cdot f_0)) \cdot f_d \quad (8)$$

Dabei ist C die Lichtgeschwindigkeit.

Im Fall des Beispiels von Fig. 7A und 7B bei der Kombination der Pegelspitzengruppe 33 mit der Pegelspitzengruppe 37 entsprechen f_3 und f_7 jeweils f_{b1} und f_{b2} in den vorstehend beschriebenen Gleichungen (3) bis (6).

In Schritt S10 wird eine Zeitfolgenbewegung von Zielen durch Kombination der Bereiche R und Geschwindigkeiten V der Ziele, die auf diese Weise erhalten worden sind, mit vergangenen Zielinformationen und Typen erfaßt, wobei eine zukünftige Bewegung der Ziele anhand der Zeitfolgenbewegung vorausgesagt wird, damit eine genauere Zielerkennung durchgeführt wird.

Dieses Ausführungsbeispiel ist zur Berechnung des Krümmungsradius der Spur durch die Spurkrümmungserfassungseinrichtung 28 und zur Bestimmung des Abtastungsbereichs entsprechend dem Ergebnis eingerichtet, jedoch kann die Radarvorrichtung ebenfalls eingerichtet sein, die Form der Spur anhand eines Navigatorsystems oder dergleichen zu beschaffen und den Abtastungsbereich entsprechend diesem Ergebnis zu bestimmen.

Wie vorstehend beschrieben, ist die Fahrzeug-DBF-Vorrichtung gemäß der Erfindung zur Begrenzung des Abtastungsbereichs entsprechend der Form der Spur eingerichtet, wodurch der DBF-Rechenaufwand verringert werden kann. Dies kann die Erfassungsrate erhöhen. Zusätzlich kann die Zielerfassungsgenauigkeit verbessert werden, da die Erfassung nicht in unnötigen Bereichen ausgeführt wird.

Es ist eine Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung beschrieben, die an einem Fahrzeug 60 angebracht ist und zur Erfassung eines Objekts in der Umgebung des Fahrzeugs durch Abtasten mittels durch digitale Signalverarbeitung synthetisierter Radarstrahlen eingerichtet ist. Die Radarvorrichtung weist einen Spurformbeschaffungsabschnitt zur Beschaffung der Form einer Spur 61 auf, auf der sich das Fahrzeug bewegt. Bei der Radarvorrichtung wird der Abtastungsbereich 65 der Radarstrahlen entsprechend der durch den Spurformbeschaffungsabschnitt beschafften bzw. erhaltenen Spurform beschränkt. Die Radarvorrichtung weist Vorteile hinsichtlich einer hohen Erfassungsrate und einer hohen Erfassungsgenauigkeit auf.

Patentansprüche

1. Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung, die an einem Fahrzeug (40) angebracht ist und zur Erfassung eines Objekts um das Fahrzeug durch Abtasten mittels durch digitale Signalverarbeitung synthetisierter Radarstrahlen eingerichtet ist; wobei die Radarvorrichtung eine Spurformbeschaffungseinrichtung (28) zur Beschaffung der Form einer Spur aufweist, auf dem sich das Fahrzeug bewegt, und der Abtastungsbereich der Radarstrahlen entsprechend der durch die Spurformbeschaffungseinrichtung (28) beschafften Form der Spur beschränkt wird.
2. Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung nach Anspruch 1,

wobei der Abtastungsbereich entsprechend einem Zielabstand zur Objekterfassung variiert.

3. Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Mitte des Abtastungsbereichs entlang der Form der Spur variiert.

4. Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Spurformbeschaffungseinrichtung (28) eine Spurkrümmungserfassungseinrichtung zur Erfassung des Krümmungsradius der Spur ist.

5. Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Spurkrümmungserfassungseinrichtung (28) eine Einrichtung zum Erhalt des Krümmungsradius der Spur anhand der Geschwindigkeit und der Gierrate des Fahrzeugs ist.

6. Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung, die an einem Fahrzeug angebracht ist und zur Erfassung eines Objekts um das Fahrzeug herum durch Abtasten mittels durch digitale Signalverarbeitung synthetisierter Radarstrahlen eingerichtet ist, wobei der Abtastungsbereich der Radarstrahlen entsprechend einem Zielabstand zur Objekterfassung variiert.

7. Fahrzeug-DBF-Radarvorrichtung nach Anspruch 6, wobei der Abtastungsbereich der Radarstrahlen schrittweise mit Anstieg des Zielabstands zur Objekterfassung enger wird.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

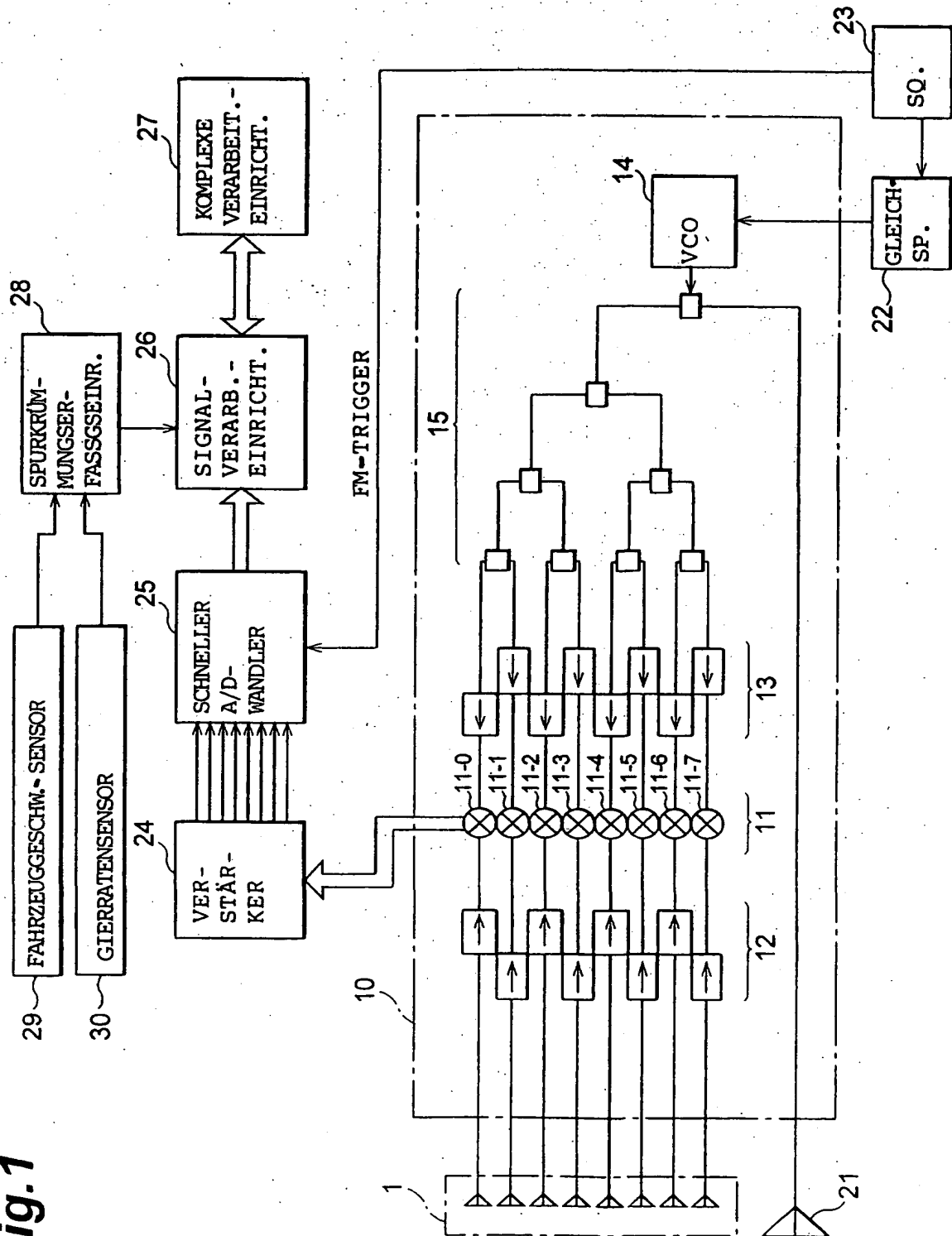


Fig.2

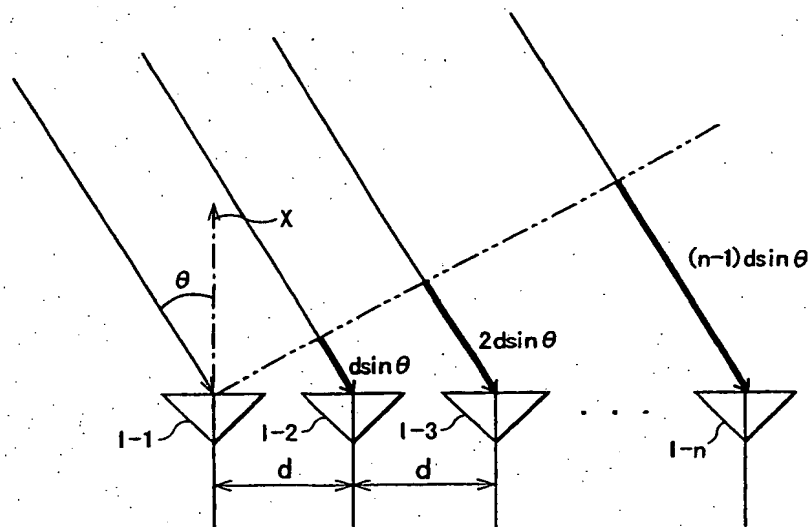


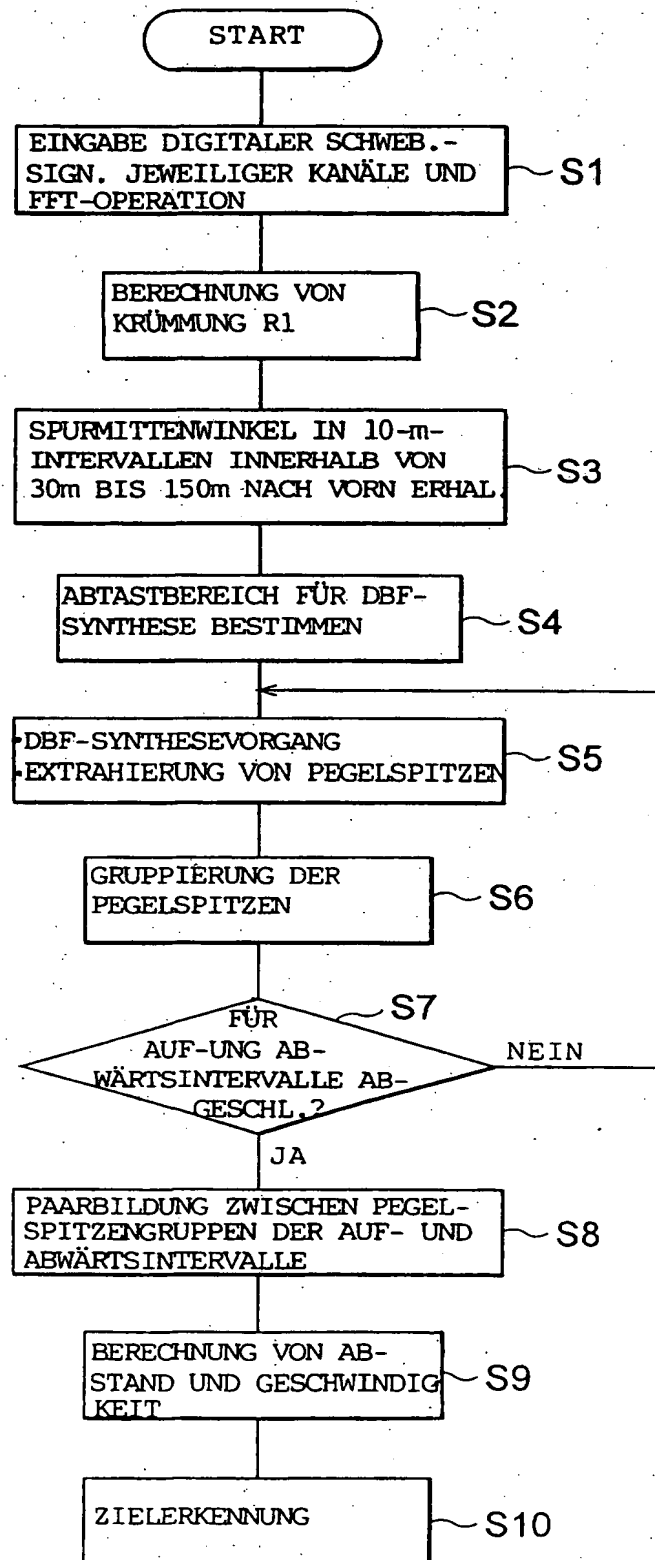
Fig.3

Fig.4

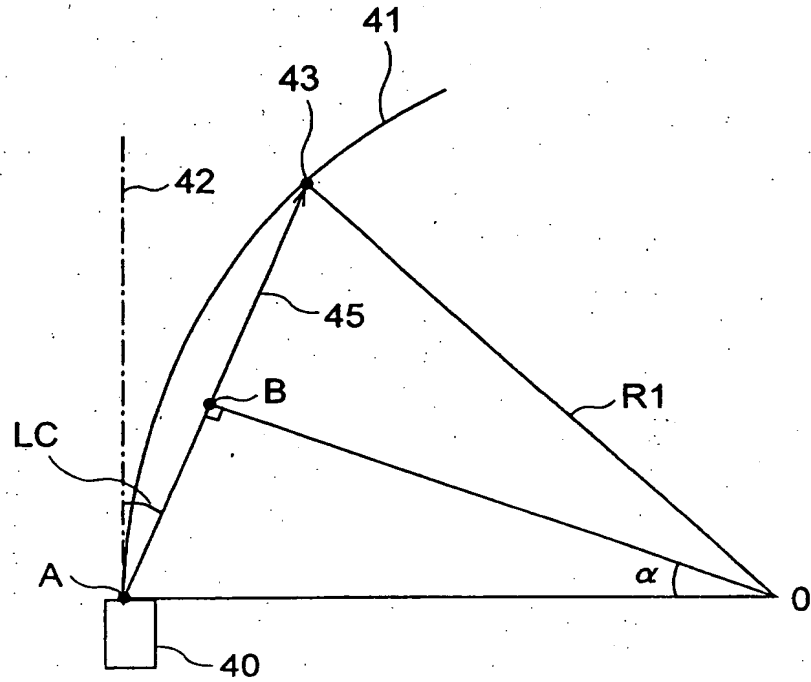


Fig.5A

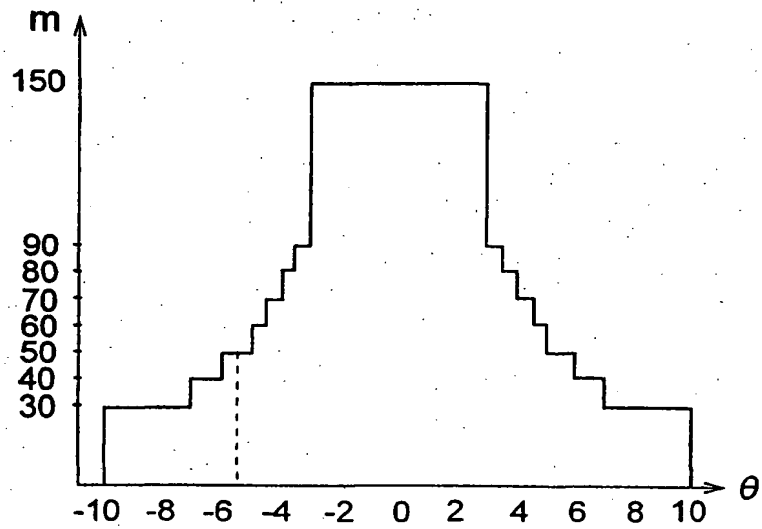


Fig.5B

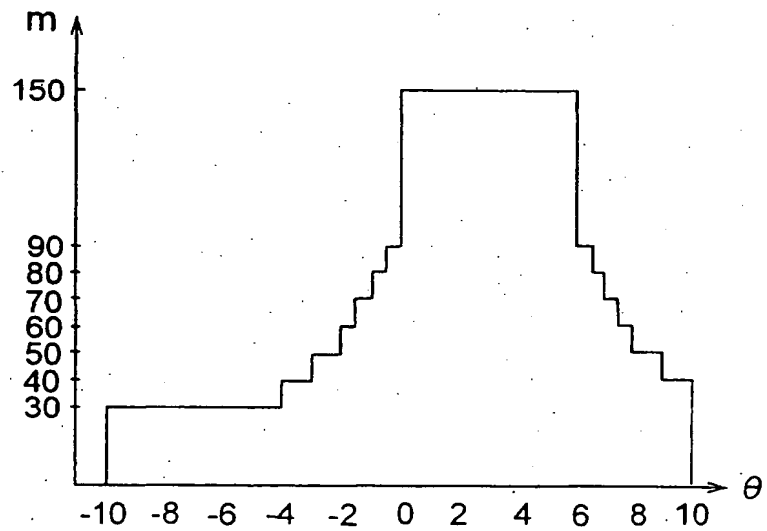


Fig.6

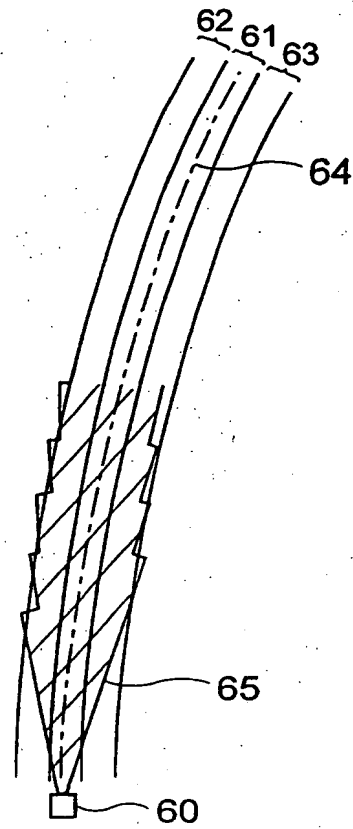


Fig.7A

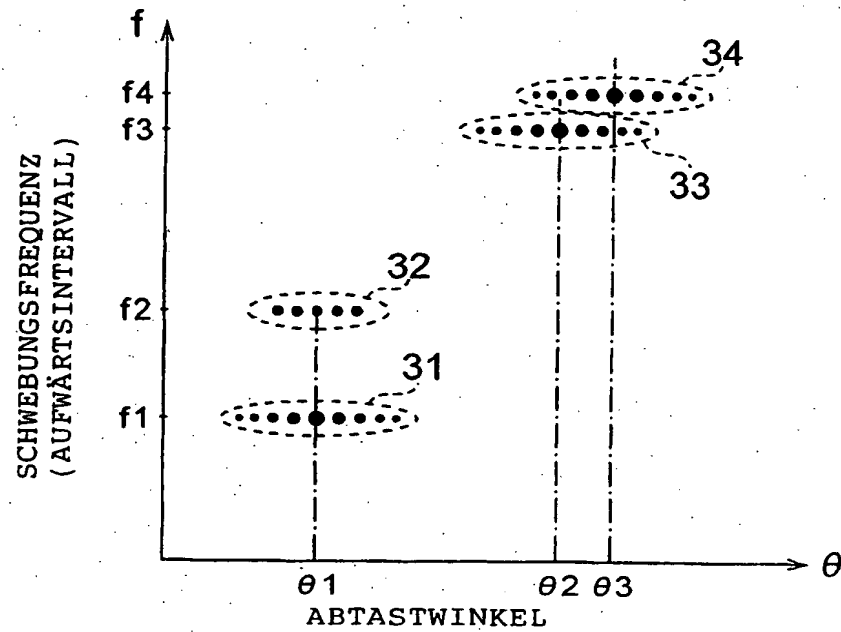
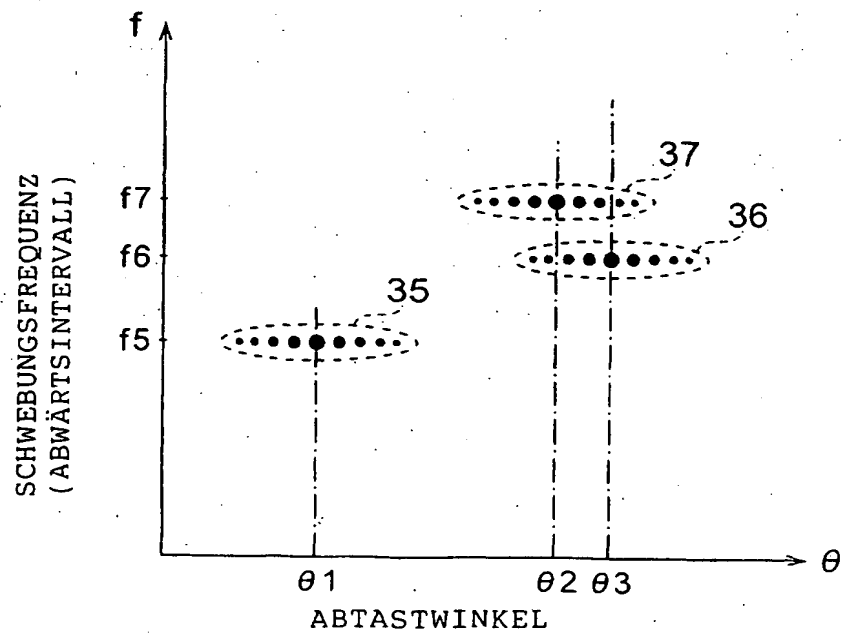


Fig.7B



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.